

8-21834(3) ①

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08336269
PUBLICATION DATE : 17-12-96

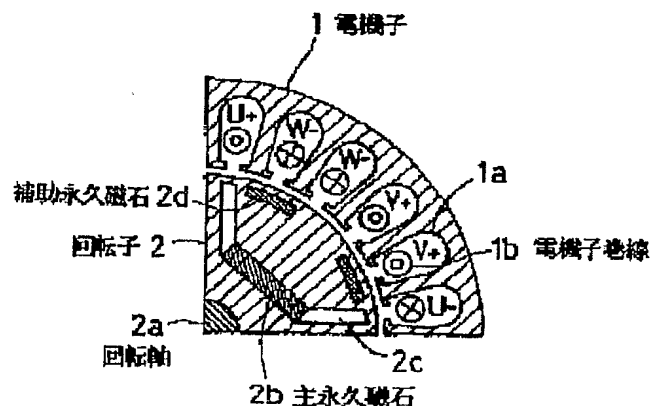
APPLICATION DATE : 08-06-95
APPLICATION NUMBER : 07142216

APPLICANT : DAIKIN IND LTD;

INVENTOR : TOMOE MASANOBU;

INT.CL. : H02K 29/08 H02K 1/22 H02K 1/27
H02P 6/08

TITLE : DC BRUSHLESS MOTOR



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain a rotor position detection signal surely by disposing a permanent magnet closely to the surface of rotor at a position corresponding to the end part in the rotational direction of each permanent magnet contained in an armature applied with an armature winding.

CONSTITUTION: An armature 1 is provided, in the inner surface thereof, with a large number of slots 1a for containing a three-phase armature winding 1b. A rotor 2 is provided with a main permanent magnet 2b in a containing space formed at a predetermined position close to a rotary shaft 2a. An auxiliary permanent magnet 2d is also provided at a predetermined position close to the outer circumference within a predetermined range close to the end part in the rotational direction of rotor among regions sectioned by a pair of spaces 2c for preventing short circuit of flux. Since the flux density in gap corresponding to the rotational angle (electric angle) of rotor 2 increases for the range where the auxiliary permanent magnet 2d is present, it has a recessed shape as a whole. Since the tertiary harmonic component is increased, the reliability of rotor position detection signal can be enhanced.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-336269

(43) 公開日 平成8年(1996)12月17日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 29/08			H 0 2 K 29/08	
1/22			1/22	A
1/27	5 0 1		1/27	5 0 1 A
H 0 2 P 6/08			H 0 2 P 6/08	3 7 1 E

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-142216

(22) 出願日 平成7年(1995)6月8日

(71) 出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72) 発明者 山井 広之

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

(72) 発明者 巴 正信

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

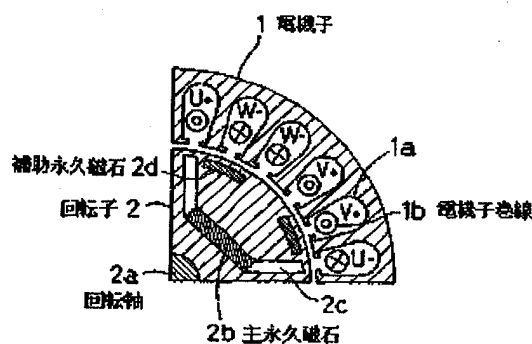
(74) 代理人 弁理士 津川 友士

(54) 【発明の名称】 ブラシレスDCモータ

(57) 【要約】

【目的】 回転子位置検出信号の元になるモータ速度起電圧波形の3次高調波成分のレベルを増加させる。

【構成】 回転子2の回転軸2a寄りに主永久磁石2bを設けてあるとともに、主永久磁石2bの回転方向の端部に対応させて、回転子2の表面近傍に補助永久磁石2dを設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電機子巻線(1b)が設けられた電機子(1)の内部に、回転軸(2a)奇りの所定位置に永久磁石(2b)が収容されてなる回転子(2)を設けたブラシレスDCモータにおいて、電機子(1)と回転子(2)の間のギャップ磁束密度分布を凹状にすべく、各永久磁石(2b)の回転方向の端部に対応させて回転子(2)の表面近傍に永久磁石(2d)を設けてあることを特徴とするブラシレスDCモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明はブラシレスDCモータに関し、さらに詳細に言えば、電機子巻線が設けられた電機子の内部に、回転軸奇りの所定位置に永久磁石が収容されてなる回転子を設けたブラシレスDCモータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、ACモータと比較して高効率運転が可能なブラシレスDCモータが提案され、空気調和機などの家電製品に応用することが検討されている。そして、家電製品に応用する場合には、コストを無視することができないので、ブラシレスDCモータで原理的に必須となる回転子位置信号をモータ端子電圧から得る構成が採用される。この構成は、(1)モータ速度起電圧基本波を用いて回転子位置信号を得るもの(図3参照)と、(2)モータ速度起電圧波形の3次高調波成分を用いて回転子位置信号を得るもの(図4参照)とに大別される。なお、図3(A)、図4(A)では、インバータ回路を省略してある。

【0003】図3(A)に示す回路は、図3(B)

(C)に示すように、インバータの導通期間を電気角で 120° に設定することによりモータ端子開放モード期間を設け、この期間中に生じるモータ速度起電圧 V_u (図3(E)参照)からRC回路によって基本波 S_u (図3(D)参照)を検出し、この基本波 S_u に基づいて回転子位置信号を得るものである。なお、図3(F)はモータ電流 I_u を示している。また、沿え字 u はU相であることを示している。

【0004】この場合には、回路構成が簡単であるが、インバータ出力波形を電気角で 120° しか制御していないので、ブラシレスDCモータの効率、性能などを十分に発揮させることができない。図4(A)に示す回路は、図4(B)(C)に示すように、インバータの導通期間を電気角で 180° に設定している。そして、インバータ回路の出力端子間にY結線された抵抗の中性点電圧 V_m と、Y結線されたモータ巻線の中性点電圧 V_n とをオペアンプに供給して差電圧(モータ速度起電圧波形の3次高調波成分) $V_n - V_m$ (図4(D)参照)を検出し、この差電圧 $V_n - V_m$ に基づいて回転子位置信号を得るものである。なお、図4(F)はモータ電流 I

u を示している。また、沿え字 u はU相であることを示している。

【0005】この場合には、モータ中性点端子を引き出す必要があるが、インバータ出力波形を電気角で 180° 制御できるので、ブラシレスDCモータの効率、性能などを十分に引き出すことができる。図5(A)はブラシレスDCモータを図3(A)の回路、図4(A)の回路で駆動した場合の効率特性を示す図、図5(B)は運転範囲を示す図である。なお、ここで、ブラシレスDCモータとして、回転軸奇りの所定位置に永久磁石が収容された回転子を有するもの(以下、埋込DCモータと略称する)を採用している。また、両図において、 a が 180° 通電の場合を、 b が 120° 通電の場合を、 c が 150° 通電の場合をそれぞれ示している。そして、 a 、 c が図4(A)の回路による場合を、 b が図3(A)の回路による場合をそれぞれ示している。

【0006】図5(A)(B)から明らかなように、図4(A)の回路による場合の方が、効率特性、運転範囲共に図3(A)の回路による場合よりも優れている。したがって、埋込DCモータを駆動するためには、図4(A)の回路構成を採用することが好ましい。これは、埋込DCモータにd軸電流(逆突極の場合、モータ速度起電圧を基準として 90° 進んだ電流)を流すことにより、リラクタンストルクが発生して磁石トルクに加わる(効率が向上する)とともに、永久磁石による磁束を弱める電機子磁界が発生し(図6参照)、高速時の速度起電圧を抑え、インバータ電圧飽和以降も運転が可能になる(運転範囲が拡大する)からである。なお、図6

(A)は磁石磁束と電機子磁束との関係を説明する概略図であり、図6(B)は3相(u 相、 V 相、 W 相)の電機子電流を示し、図6(C)はd軸電流通電時(例えば、図6(A)の回転子位置において、図6(B)の $t = t_0$ のように各相電機子電流を流した場合)における、永久磁石による磁束密度(波線参照)と電機子電流による磁束密度(実線参照)との回転子の回転角度(電気角)に対する変化特性を示し、図6(D)はq軸電流通電時(例えば、図6(A)の回転子位置において、図6(B)の $t = t_1$ のように各相電機子電流を流した場合)における、永久磁石による磁束密度と電機子電流による磁束密度との回転子の回転角度(電気角)に対する変化特性を示している。これらの図から明らかなように、電機子に誘交する磁束(すなわち、磁束密度 b_e を図6(C)または図6(D)の $\theta = 0 \sim \pi$ について積分した値)はd軸電流のみが寄与し、永久磁石による磁束を弱める作用(以下、弱め磁束作用と略称する)がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の点を考慮して、埋込DCモータの最大効率運転、運転範囲拡大制御を行う場合には、d軸電流を増加させることになる。しか

し、 d 軸電流を増加させると、 d 軸電流により発生する電機子磁界の影響を受けてモータ速度起電圧波形の基本波成分のみならず3次高調波成分も減少し、回転子位置検出信号のノイズマージンが低下し、ひいては誤動作により埋込DCモータが失速してしまう可能性がある。換言すれば、埋込DCモータの信頼性が低下してしまう。

【0008】したがって、信頼性を確保するためには、 d 軸電流が最適値よりも小さくなるようにインバータ制御を行わなければならない。最大効率運転を行うことができなくなってしまうとともに、運転範囲を十分に拡大することができなくなってしまう。また、突極係数(Lq/Ld)が高く、最大効率運転時に、基本波に対するモータ速度起電圧定数が Ld と Ld との積とほぼ等しくなるようなモータ仕様である場合には、永久磁石から出る磁束がほぼ0の状態であるから、速度起電圧により位置検出信号を得る方式では原理的にモータの制御が困難である。なお、 Lq は q 軸インダクタンス、 Ld は d 軸インダクタンス、 Id は d 軸電流である。

【0009】

【発明の目的】この発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、 d 軸電流を最適値に設定した状態において、かつモータの運転範囲内において、モータ速度起電圧波形の3次高調波成分のレベルを高め、回転子位置検出信号を確実に得ることができ、埋込DCモータを提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1のブラシレスDCモータは、電機子巻線が設けられた電機子の内部に、回転軸周りの所定位置に永久磁石が収容されてなる回転子を設けたブラシレスDCモータにおいて、電機子と回転子の間のギャップ磁束密度分布を凹状にすべく、各永久磁石の回転方向の端部に対応させて回転子の表面近傍に永久磁石を設けたものである。

【0011】

【作用】請求項1のブラシレスDCモータであれば、電機子巻線が設けられた電機子の内部に、回転軸周りの所定位置に永久磁石が収容されてなる回転子を設けたブラシレスDCモータにおいて、電機子と回転子の間のギャップ磁束密度分布を凹状にすべく、各永久磁石の回転方向の端部に対応させて回転子の表面近傍に永久磁石を設けているので、電機子と回転子との間のギャップ磁束密度分布を凹状にすることができ、モータ運転範囲内においてモータ速度起電圧波形の3次高調波成分のレベルを高めることができ、モータ速度起電圧波形の3次高調波成分に基づいて回転子位置検出信号を得る場合に回転子

位置検出信号の信頼性を高めることができ、モータ効率向上、運転範囲拡大の各制御を最適化することができる。また、ギャップ磁束密度を凹状にしているの、突極係数が高く、最大効率運転時に基本波成分に対して $K_e = Ld \cdot Id$ になるようなモータ仕様の場合にも制御を行うことができる。

【0012】

【実施例】以下、実施例を示す添付図面によってこの発明の実施例を詳細に説明する。図1はこの発明のブラシレスDCモータの一実施例を示す部分概略図である。このブラシレスDCモータは、電機子1と回転子2とを有している。電機子1にはその内面に多数のスロット1aを有しているとともに、三相の電機子巻線1bをスロット1a内に収容している。なお、U、V、Wが相を示し、+、-が電機子巻線1bの向きを示している。回転子2は、回転軸2a周りの所定位置に形成した永久磁石収容空間に収容される主永久磁石2bを有している。そして、永久磁石収容空間の回転子回転方向における端部から回転子2の外周に向かって延びる磁束短絡防止用空間2cを有している。さらに、1対の磁束短絡防止用空間2cにより区画される領域のうち、回転子回転方向における端部寄り所定範囲の外周寄り所定位置に補助永久磁石2dを有している。なお、これらの補助永久磁石2dは、主永久磁石2aによる磁束に対してギャップ磁束を増加させるように作用させるべく磁極の位置が設定されている。

【0013】したがって、電機子1を仮想的に展開して同時に示す図2中の実線の波形から明らかなように、回転子2の回転角度(電気角)に対応するギャップ磁束密度 $b_e(\theta)$ は補助永久磁石2dが存在する範囲に対応して増加するので、全体として凹状になる。なお、実際はスロット1aでは、ギャップ長が見かけ上長くなるため磁気抵抗が大きくなり、実際のギャップ磁束密度は図2中に破線で示す状態であり、これらを平均化することにより実線の波形が得られる。

【0014】ここで、回転子2の長さ(モータの積厚)を L 、ターン数を n 、磁束を Ψ_e 、磁束密度を b_e 、高調波成分の次数を k 、各高調波の振幅を B_{ek} 、 B_{em} を磁束密度 b_e の振幅の最大値、 β を凹期間を示す角、 α を凹部分の反復の減少割合、磁束密度が0となる期間を τ とすれば、U相巻線を鎖交する磁束数は数1である。

【0015】

【数1】

$$\begin{aligned}
 n \cdot \Psi_e(\theta) / L &= \int_{0+\tau}^{0+\pi-\tau} b_e(x) dx \\
 &= \int_{0+\tau}^{0+\pi-\tau} \sum_{k=1,3,5,\dots} B_{ek} \cdot \sin(k \cdot x) dx \\
 &= \sum_{k=1,3,5,\dots} (2B_{ek}/k) \cdot \sin\{(k\pi/2) - \tau\} \cdot \cos(k \cdot \theta) \\
 &= \sum_{k=1,3,5,\dots} (\Phi_{ek}/k) \cdot \cos(k \cdot \theta)
 \end{aligned}$$

ここで、 $\Phi_{ek} = 2B_{ek} \cdot \sin\{(k\pi/2) - \tau\}$

【0016】また、U相巻線に誘起されるモータ速度起電圧は数2である。
【0017】

【0018】さらに、各高調波の振幅は数3である。
【0019】

【数3】

【数2】

$$emf/L = -n \cdot \{\partial \Psi_e(\theta) / \partial t\}$$

$$= \sum_{k=1,3,5,\dots} n \cdot \Phi_{ek} \cdot \omega_m \cdot \sin(k \cdot \theta)$$

$$B_{ek} = (4B_{em}/\pi) \left\{ a \int_0^{\beta/2} \cos(k \cdot y) dy + \int_{\beta/2}^{\pi/2-\tau} \cos(k \cdot y) dy \right\}$$

$$= (4/\pi) (1/k) B_{em} [\sin\{k\{(\pi/2) - \tau\}\} + \Omega]$$

$$\text{ここで、}\Omega = -(1-a) \cdot \sin(k\beta/2)$$

【0020】もちろん、他の相の巻線を鎖交する磁束数、モータ速度起電圧も同様にして得ることができる。具体的には、補助永久磁石2dを設けていないブラシレスDCモータの場合に $B_{em} = 1.08 [T]$ 、 $\tau = 15^\circ$ 、 $B_{e1} = 1.33 [T]$ 、 $B_{e3} = 0.32 [T]$ であったのに対して、 $B_{em} = 1.27 [T]$ 、 $\tau = 15^\circ$ 、 $\beta = 30^\circ$ 、 $\alpha = 0.646$ 、 $B_{e1} = 1.41 [T]$ 、 $B_{e3} = 0.52 [T]$ であった。この具体例から分かるように、補助永久磁石2dを回転子2に設けることにより3次高調波成分が約60%増加し、電機子電流idによる磁束密度分布に含まれる、基本波成分並びに3次高調波成分は変化しなかった。

【0021】したがって、回転子位置検出信号の元になる3次高調波成分が約60%増加したことに伴ってノイズマージンが増加し、回転子位置検出信号の信頼性を高めることができる。この結果、モータ効率の向上、運転範囲の拡大の各制御を最適化することができる。また、補助永久磁石2dを設けてギャップ磁束密度を凹状にしているの、突極係数が高く、最大効率運転時に基本波成分に対して $K_e = L \cdot I_d$ になるようなモータ仕様の場合にも制御を行うことができる。

【0022】なお、以上には回転子2に補助永久磁石2dを設けてギャップ磁束密度を凹状にした場合を説明したが、電機子鉄心の形状、電機子巻線の巻き方などを変更することにより、電機子による磁束密度を凸状にすることが可能であり、この場合にも上記実施例と同様の作

用を達成することができる。

【0023】

【発明の効果】請求項1の発明は、モータ運転範囲においてモータ速度起電圧波形の3次高調波成分のレベルを高めることができ、モータ速度起電圧波形の3次高調波成分に基づいて回転子位置検出信号を得る場合に回転子位置検出信号の信頼性を高めることができ、モータ効率向上、運転範囲拡大の各制御を最適化することができる。しかも、ギャップ磁束密度を凹状にしているの、突極係数が高く、最大効率運転時に基本波成分に対して $K_e = L \cdot I_d$ になるようなモータ仕様の場合にも制御を行うことができるという特有の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のブラシレスDCモータの一実施例を示す部分側略図である。

【図2】ギャップ磁束密度の変化を示す図である。

【図3】モータ速度起電圧基本波を用いて回転子位置信号を得る装置の構成および各部の信号波形を示す図である。

【図4】モータ速度起電圧波形の3次高調波成分を用いて回転子位置信号を得る装置の構成および各部の信号波形を示す図である。

【図5】効率特性と運転範囲を示す図である。

【図6】磁石磁束と電機子磁束との関係、電機子電流がモータ速度起電圧に与える影響を説明する図である。

【符号の説明】

(5)

特開平8-336269

8

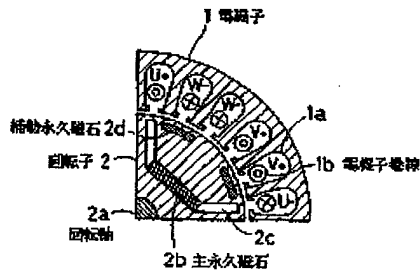
1 電機子 1b 電機子巻線
2 回転子 2a 回転軸

* 2b 主永久磁石

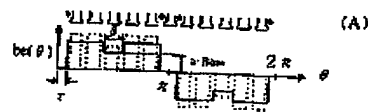
2d 補助永久磁石

*

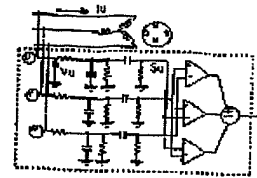
【図1】



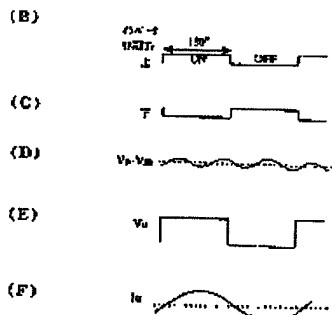
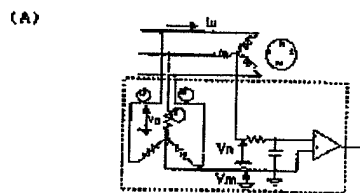
【図2】



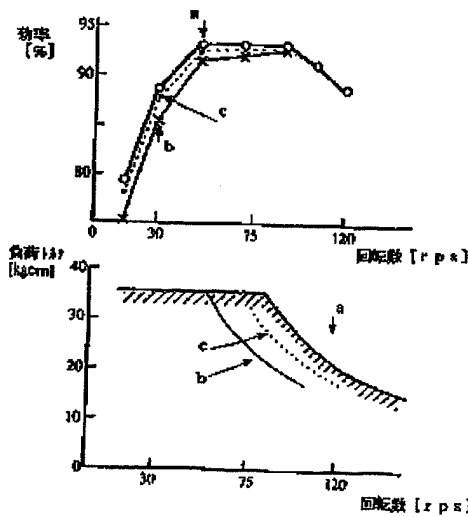
【図3】



【図4】



【図5】



(A)

